

УДК 681.782.473

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕДИЦИНСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ФЛУОРИМЕТРОВ

Черепанов К. В., Гришанов В. Н.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

В работе рассматривается конструкция оптоэлектронной системы (Рис. 1) регистрации флуоресцентного излучения, входящей в состав медицинского диагностического флуориметра, предназначенного для измерения уровня аутофлуоресценции кожи человека. Так как интенсивность регистрируемого флуоресцентного излучения крайне мала, применены меры по выделению полезного сигнала на фоне помех сравнимых или превышающих сам сигнал. Для этого система переведена в импульсный режим работы, который, помимо прочего, отсеивает статичную фоновую засветку. Проведен анализ аппаратных систем шумоподавления работающих во временной области – стробируемые интеграторы (boxcar averagers/gated integrators), и в частотной области – синхронные детекторы/усилители (lock-in amplifiers) [1], который показывает, что для данного типа диагностических приборов использование синхронного детектора является наиболее оптимальным вариантом [2] ввиду простоты конструкции и высокой избирательности, обеспечивающей необходимый уровень шумоподавления (динамический резерв не менее 80 дБ).

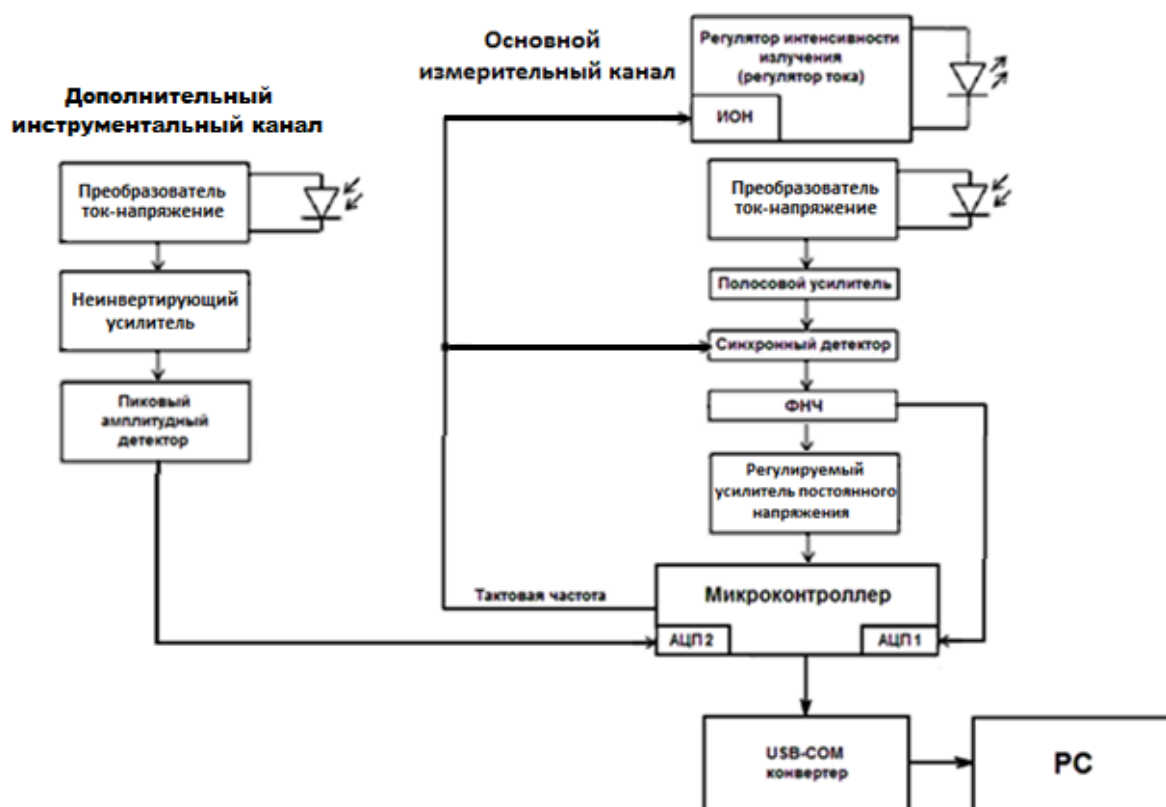


Рис. 1. Блок-схема фотометрической системы

Разработан ключевой синхронный детектор, построенный на основе мультиплексора (в качестве электронного аналогового ключа), инструментального

усилителя, активного фильтра низких частот и дополнительного оконечного усилителя. Все узлы синхронного детектора выполнены на дискретных компонентах и микросхемах малой степени интеграции, что позволило реализовать более гибкую архитектуру фотометрической системы, заточенную под конкретную задачу измерения уровня аутофлуоресценции кожи человека. В качестве предварительного фильтра используется активный полосовой усилитель, построенный таким образом, чтобы не вводить фазовый сдвиг на квазирезонансной частоте, равной частоте модуляции детектируемого излучения. Это позволило отказаться от дополнительного фазовращателя опорного сигнала (цепи задержки в случае опорного сигнала прямоугольной формы). Необходимость предварительного узкополосного фильтра (давящего низкочастотные шумы и наводки, высокочастотные помехи, гармоники высших порядков регистрируемого сигнала), обусловлена тем, что, несмотря на высокую добротность, частотная характеристика ключевого синхронного детектора имеет резонансные максимумы на всех нечетных гармониках частоты опорного сигнала [3]. Представленная в данной работе фотометрическая система обеспечивает регистрацию исключительно первой гармоники принимаемого полезного сигнала, что обеспечивает высокий уровень шумоподавления.

Предварительный усилитель представляет собой преобразователь ток-напряжение (трансимпедансный усилитель). В ходе экспериментов было показано, что схема прямого преобразования (на базе классического трансимпедансного усилителя) обеспечивает устойчивое детектирование флуоресцентного излучения и применение системы накопления на основе зарядового интегратора не требуется.

Следует отметить, что система активного шумоподавления используется лишь в основном измерительном канале. Дополнительный инструментальный канал регистрации упруго рассеянного (рэлеевского) излучения также работает в импульсном режиме, но такой системы не содержит, ввиду сравнительно более высокой интенсивности регистрируемого излучения.

Фотоприемниками служат кремниевые фотодиоды PN и PIN типов. В основном измерительном канале установлен планарный PN фотодиод с увеличенной светочувствительной площадкой (типа BPW21R). В канале упругого рассеяния установлен точечный PIN фотодиод (типа SFH229). В ходе подбора подходящих фотоприемников было установлено, что чувствительности кремниевых фотодиодов достаточно для исследования (в видимой области спектра) флуоресценции кожи различных фототипов и применение более чувствительных фотоприемников (таких как лавинные фотодиоды, твердотельные и вакуумные фотоумножители) не требуется. Установка недорогих кремниевых фотодиодов значительно удешевляет конечную стоимость флуориметра.

Представленная в работе фотометрическая система апробирована в составе портативного диагностического флуориметра как в лабораторных условиях, так и в условиях больницы. Устройство не реагировало на паразитные внешние засветки и источники наводок. Чувствительность приемника позволила проводить измерение уровня флуоресценции кожи различных фототипов.

Библиографический список

1. Signal Enhancement, Application Note #6, <http://www.thinksrs.com>;
2. Osman Oguz. A Lock-In Amplifier for Fluorescent Light Detection. // University of Tennessee – Knoxville, Masters Theses, 2002;
3. Петин Г. Ключевой синхронный детектор. // Журнал "Схемотехника" 2003 №3.